

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 629.114.2

А.П. Кожушко

аспирант,

кафедра «Автомобиле- и тракторостроения»,

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт»

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА FENDT 936 VARIO ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ «ПАХОТА»**

Аннотация. В данной работе подтверждена целесообразность использования известных подходов для определения технико-экономических показателей машинно-тракторного агрегата при выполнении технологической операции «пахота» в процессе разгона. В работе также представлены результаты, полученные в ходе моделирования процесса разгона колесного трактора, а именно: перепада рабочего давления в гидрообъемной передаче, мощности двигателя внутреннего сгорания, коэффициента полезного действия трансмиссии, а также часовой производительности и коэффициента полезного действия машинно-тракторного агрегата и часового расхода топлива.

Ключевые слова: колесный трактор, разгон, гидрообъемно-механическая трансмиссия, пахота.

A.P. Kozhushko, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute»

**TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS WHEEL TRACTOR FENDT 936 VARIO IN THE
PERFORMANCE OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS «PLOWING»**

Abstract. This paper confirms the feasibility of using conventional approaches to determine the technical and economic performance machine and tractor unit in the technological operation "plowing" during acceleration. The paper also presents the results obtained during the simulation process acceleration wheel tractor, namely drop in operating pressure of hydraulic transmission power internal combustion engine, the coefficient useful the action of transmission and hourly productivity and coefficient useful the action of the machine and tractor unit and hourly fuel consumption.

Keywords: wheeled tractor, acceleration, hydrostatic mechanical transmission, plowing.

Введение. На сегодняшний день широкое применение нашли колесные тракторы с гидрообъемно-механической трансмиссией (ГОМТ) общего применения. Целесообразность этих тенденций подчеркивается тем, что данные тракторы являются универсальными, то есть могут применяться в течение всего года, как на полевых работах, так и на транспортных, что существенно влияет на технико-экономические показатели (ТЭП).

Анализ последних исследований и публикация. Работы [1–3] посвящены рассмотрению вопросов, связанных с работой колесных тракторов Fendt серии 900, которые оснащены ГОМТ Vario. Исследовано влияние места размещения редукторов в механической и гидравлической ветви, объемов гидронасоса и гидромотора на кинематические, силовые и энергетические параметры ГОМТ. Однако на данный момент мало изучен вопрос определения ТЭП машинно-тракторного агрегата (МТА) в процессе разгона колесного трактора с ГОМТ.

На основе публикаций [4–5] будет моделироваться процесс разгона колесного трактора при выполнении технологической операции «пахота». Материалы с работ [4–5] будут использованы для составления математической модели двигателя внутреннего сгорания (ДВС), математической модели трансмиссии, которая описывает динамические процессы в ГОМТ, а также распространенные математические модели, которые описывают взаимодействие колес с опорной поверхностью. Для определения ТЭП МТА, а именно: часовую производительность и коэффициент полезного действия (КПД) МТА, а также часовой расход топлива ДВС будут использованы материалы с работ [6–8].

Цель исследования. Целью данной работы является подтверждение целесообразно-

сти использованных подходов, приведенных в работах [6–8], для определения ТЭП МТА при выполнении технологической операции «пахота».

Для достижения поставленной цели необходимо: обосновать целесообразность использования в качестве объекта исследования трактора Fendt 936 Vario с плугом Lemken EuroDiamant 10; рассмотреть и проанализировать разгон трактора при выполнении технологической операции «пахота».

Визуальное исследование. В полевых условиях при выполнении технологической операции «пахота» колесным трактором Fendt 936 Vario с плугом Lemken EuroDiamant 10 (рис. 1) было установлено, что процесс заглабления плуга в грунт происходит следующим образом: полосовой корпус плуга лемехом подрезает пласт почвы, при этом в процессе движения агрегата подрезанный пласт смещается по отвала и переворачивается. В то же время почва измельчается и рассыпается на пласт, образуя при этом дно борозды для полосового корпуса, который идет впереди. Полосовой корпус, в дальнейшем, сбрасывает верх пласта с растительными остатками (в нашем случае остатками кукурузы) на дно борозды под пласт почвы, откидываемой отвалом.



Рисунок 1 – Колесный трактор Fendt 936 Vario с плугом Lemken EuroDiamant 10

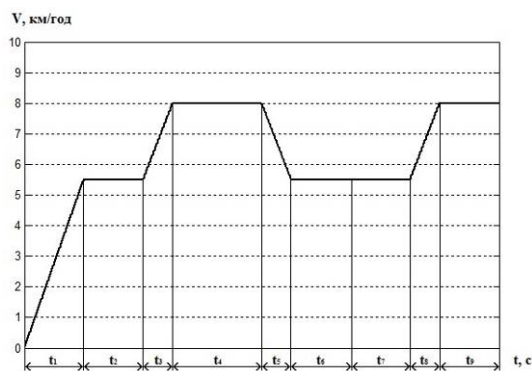


Рисунок 2 – Упрощенный график изменения скорости колесного трактора Fendt 936 Vario во время выполнения технологической операции «пахота»:

t_1 – время, за которое разгоняется трактор; $t_2 = t_7$ – время, за которое плуг полностью заглабляется в грунт; $t_3 = t_8$ – время, за которое трактор разгоняется до технологической скорости в процессе пахоты; $t_4 = t_9$ – время, за которое трактор обрабатывает грунт; t_5 – время, за которое трактор уменьшает скорость для разворота, при этом поднимая плуг; t_6 – время, за которое трактор разворачивается

В процессе визуального исследования также фиксировались скорость и время работы при выполнении технологической операции «пахота». В частности, на рисунке 2 был построен

упрощенный график изменения скорости трактора за время выполнения работ.

Теоретическое исследование. На основе анализа последних исследований была составлена единая математическая модель процесса разгона колесного трактора с ГОМТ в системе программной реализации Matlab с помощью подсистемы моделирования динамических процессов Simulink (рис. 3).

Данная программная реализация позволяет смоделировать разгон трактора с навесным оборудованием и без него (блок «Навесное оборудование») при различных углах подъема земельного полотна, изменять параметры трансмиссии (блок «Математическая модель ГОМТ»), изменять характеристики двигателя внутреннего сгорания (блок «Математическая модель двигателя»), изменять силу тяги на крюке (блок «Навесное оборудование») и т.п. Также следует отметить, что изменять время разгона, а соответственно и скорость движения, и значение силы тяги на крюке, можно с помощью блоков «Закон изменения параметров регулирования гидромашин гидрообъемной передачи (ГОП) ($e_1(t)$ и $e_2(t)$)», «Закон изменения коэффициента $\varepsilon_r(t)$, который характеризует положение органа управления подачей топлива» и «Закон изменения силы тяги на крюке $h_p(t)$ », который зависит от изменения коэффициента, который характеризует процесс углубления плуга в почву, в процессе выполнения технологической операции «пахота».

С помощью блока Signal Builder в системе Matlab изменялись законы изменения: коэффициента, который характеризует положение органа управления подачей топлива, параметров регулирования гидромашин ГОП, силы тяги на крюке в процессе разгона колесного трактора при выполнении технологической операции «пахота», в частности, учитывая время изменения того или иного закона (рис. 4).

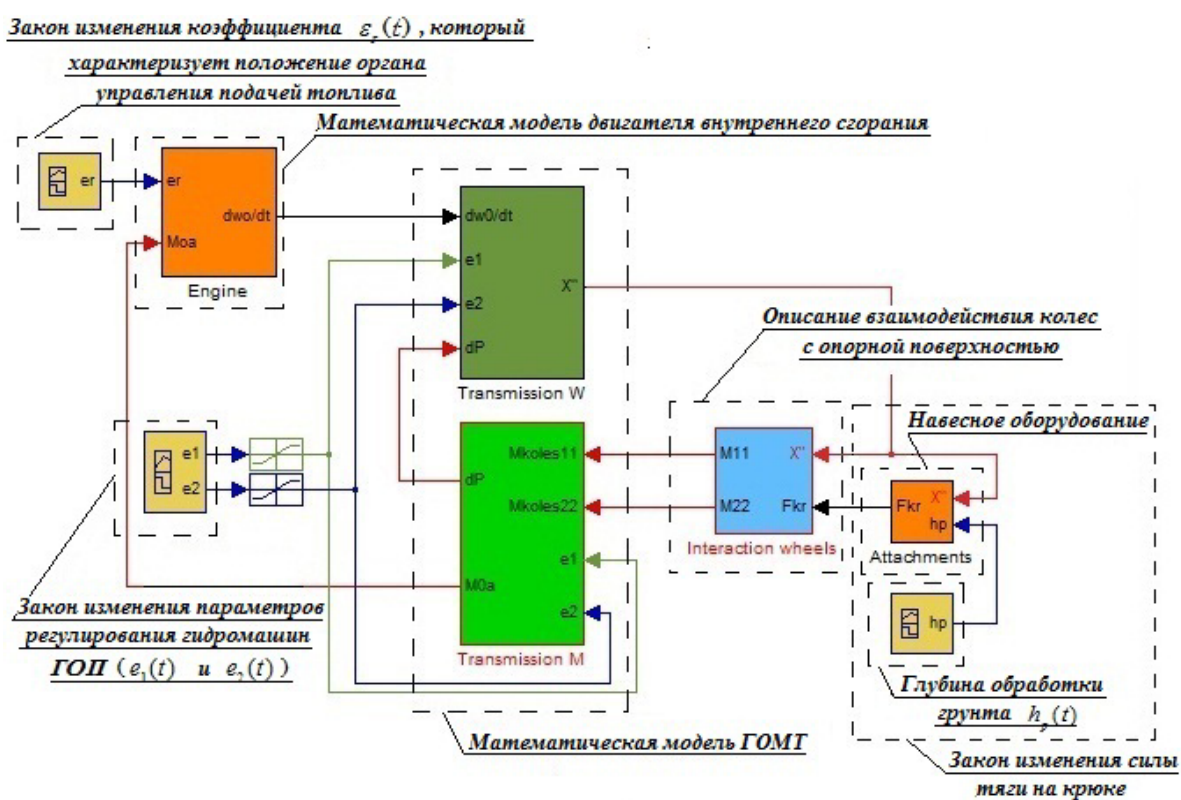


Рисунок 3 – Программная реализация математической модели системы в Matlab с помощью подсистемы моделирования динамических процессов Simulink

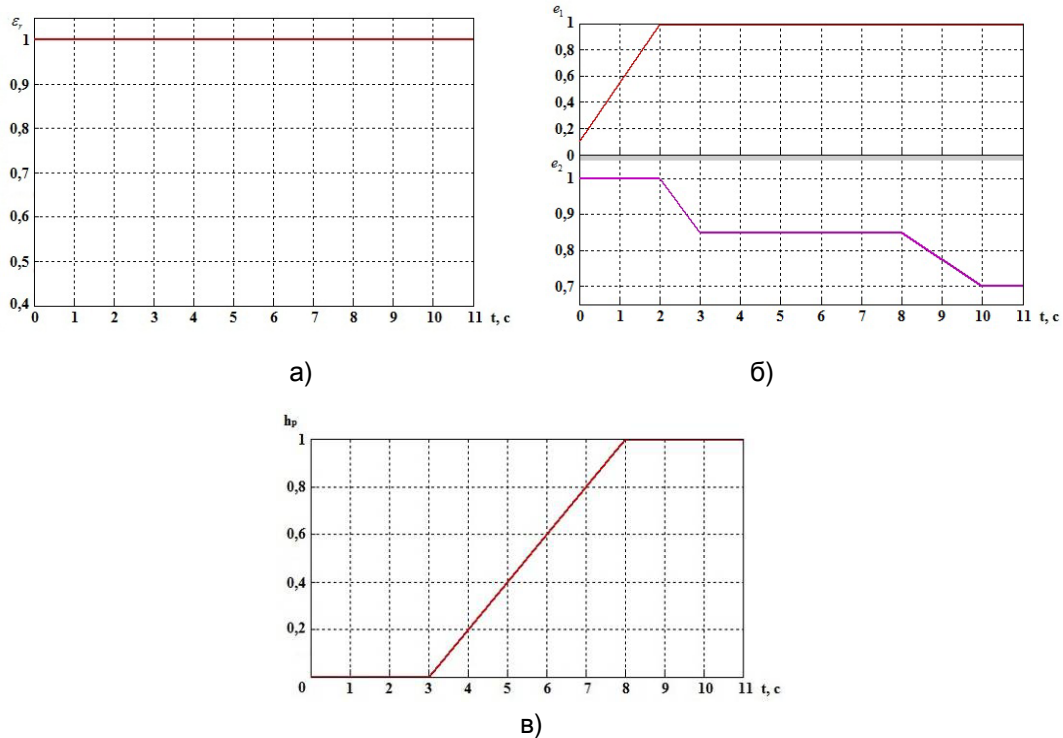


Рисунок 4 – Законы изменения колесного трактора с ГОМТ: а – коэффициента $\varepsilon_r(t)$, который характеризует положение органа управления подачи топлива; б – параметров регулирования гидромашин ГОП ($e_1(t)$ и $e_2(t)$); в – силы тяги на крюке (коэффициента $h_p(t)$)

В ходе теоретического исследования процесса разгона использовался трактор Fendt 936 Vario, который оснащен ДВС мощностью 265 кВт при частоте вращения коленчатого вала 2200 об/мин, а также радиусы передних колес $r_{k1} = 0,8$ м, задних – $r_{k2} = 0,98$ м, и имеет массу трактора 10830 кг. Необходимо отметить, что трактор будет достигать скорости 8 км/ч, а максимальная глубина обработки грунта будет составлять $h_n = 0,28$ м при выполнении технологической операции «пахота», а максимальное значение силы тяги на крюке, соответственно, будет составлять $F_{kp} = 50,4$ кН.

Результаты теоретического исследования процесса разгона колесного трактора при законах изменения: коэффициента $\varepsilon_r(t)$, который характеризует положение органа управления подачи топлива, параметров регулирования гидромашин ГОП ($e_1(t)$ и $e_2(t)$), силы тяги на крюке (коэффициента $h_p(t)$) (рис. 4), при разных рабочих объемах гидромоторов Q_m (от 166 до 350 см³), при изменяемой скорости движения трактора $V \in [0; 8]$ км/ч, приведены на рисунке 5.

Полученные значения изменялись следующим образом: значение перепада рабочего давления в ГОП (рис. 5(а)) изменялись в пределах $dP \in [25,38; 25,18]$ МПа; значение мощности ДВС (рис. 5(б)) – $N_d \in [155,9; 152,5]$ кВт; значение КПД трансмиссии (рис. 5(в)) – $\eta_{TP} \in [0,653; 0,678]$.

В процессе теоретического исследования было определено значение часовой производительности МТА S , которое рассчитывается по формуле:

$$S = C_w \cdot B_p \cdot V \cdot \tau, \quad (1)$$

где C_w – коэффициент, который зависит от единицы измерения скорости движения; V – скорость

выполнения технологической операции МТА; τ – степень использования времени смены.

Степень использования времени смены вычисляется следующим образом:

$$\tau = \frac{t_P}{t_{OCT} + t_{ДА}}, \quad (2)$$

где t_P – время технологической операции; t_{OCT} – время простоя, в нашем случае время на разворот трактора; $t_{ДА}$ – время движения агрегата, в нашем случае $t_{ДА} = t_P$.

Значение часового расхода топлива Q_n ДВС определяется из выражения:

$$Q_n = N_E \cdot q_E, \quad (3)$$

где N_E – эффективная мощность ДВС; q_E – удельный эффективный расход топлива ДВС.

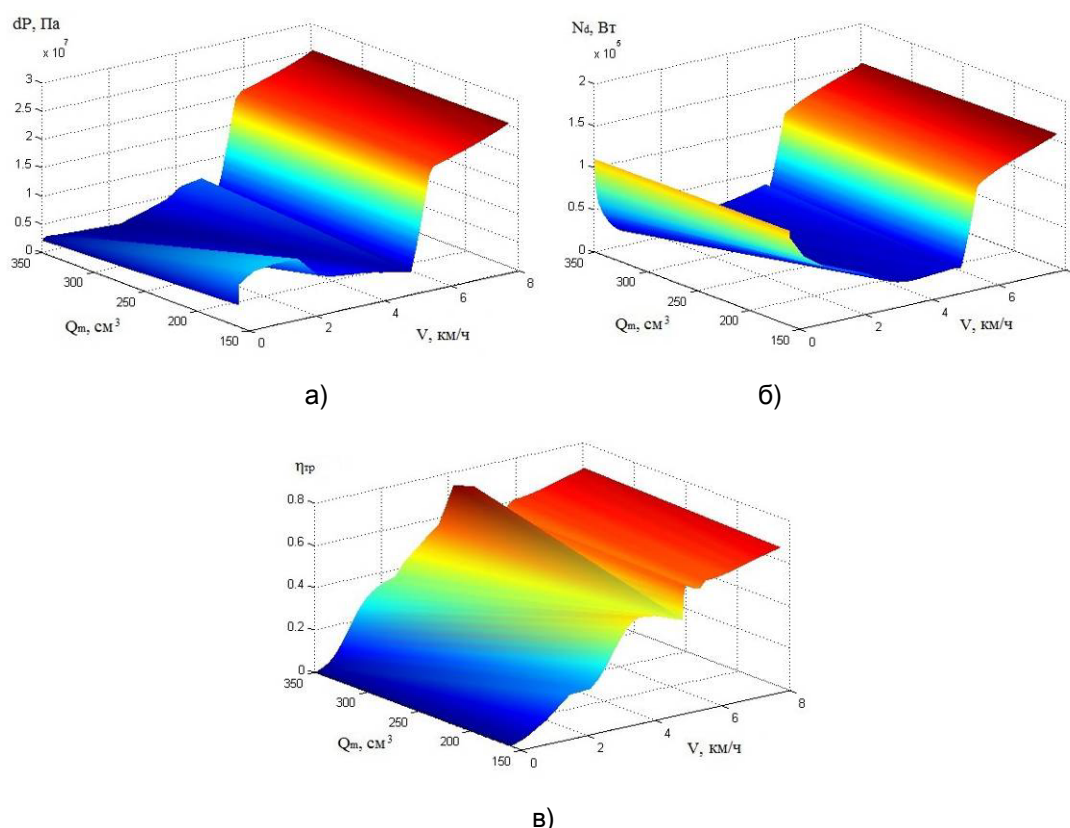


Рисунок 5 – Поверхности, которые были получены в результате теоретического исследования процесса разгона трактора в координатах рабочих объемов гидромоторов Q_m и скорости трактора V : а – поверхность перепада рабочего давления в ГОП dP ; б – поверхность мощности ДВС N_d ; в – поверхность КПД трансмиссии η_{TP}

Результаты исследования. В ходе визуального исследования выполнения технологической операции «пахота» было определено, что часовой расход топлива составляет $Q_n = 46,0$ кг/ч, а часовая производительность МТА – $S = 2,234$ га/ч.

В ходе теоретического исследования учитывалась скорость работы (рис. 2) при выполнении технологической операции «пахота», а также характеристики плуга Lemken EuroDiamant 10. Результаты часового расхода топлива ДВС и КПД МТА при применении законов изменения: коэффициента, который характеризует положения органа управления подачей топлива, параметров регулирования гидромашин ГОП, силы тяги на крюке (рис. 4) показано на рисунке 6.

В процессе теоретического исследования значение часовой производительности МТА

составило $S = 2,427$ га/ч, а значение часового расхода топлива – $Q_n = 47,86$ кг/ч.

Сравнив полученные результаты теоретического исследования и визуального, было определено, что в ходе теоретического исследования часовая производительность МТА больше на 8,07%, а также часовой расход топлива ДВС больше на 3,89%, чем при визуальном исследовании.

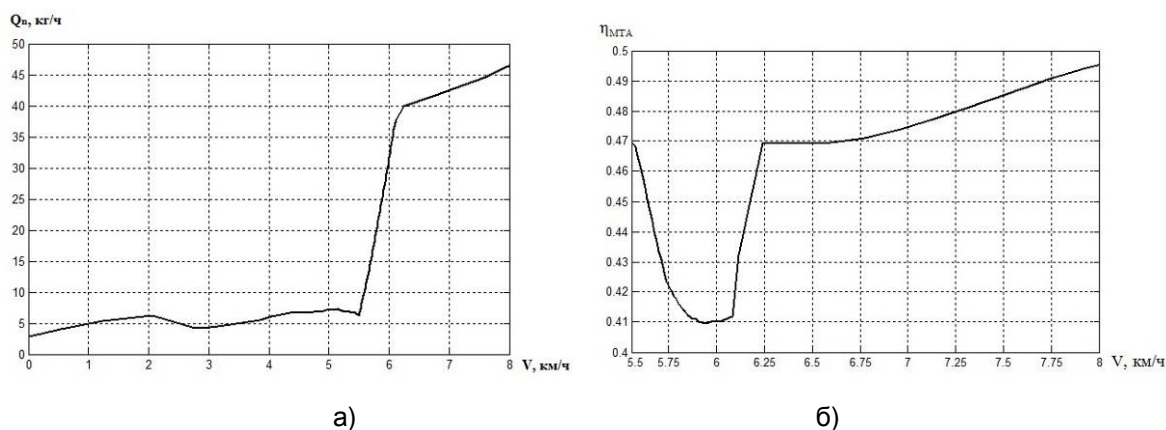


Рисунок 6 – Значения ТЭП МТА в ходе теоретического исследования:
а – часовой расход топлива ДВС; б – КПД МТА

Вывод. Для определения ТЭП МТА, проводились визуальные исследования выполнения технологической операции «пахота», по результатам которых было установлено, что максимальная погрешность не превышает 8,07% (для часовой производительности МТА), что позволяет сделать вывод об адекватности модели определения ТЭП МТА.

Список литературы:

1. Самородов В.Б. Результаты математического моделирования трансмиссии Fendt Vario колесных тракторов 900 серии / В.Б. Самородов, А.И. Бондаренко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – 2011. – № 56. – С. 144–156.
2. Самородов В.Б. Тенденції та перспективи застосування в автомобіле- і тракторобудуванні безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2012. – № 30. – С. 13–22.
3. Самородов В.Б. Безступінчасті гідрооб'ємно-механічні трансмісії як невід'ємний елемент сучасних тракторів / В.Б. Самородов, В.В. Єпіфанов, А.І. Бондаренко // Вісник СевНТУ. Збірник наукових праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – № 135. – С. 244–247.
4. Кожушко А.П. Результати моделювання роботи колісного трактора з гідрооб'ємно-механічними трансмісіями, що працюють по схемі «диференціал на вході» // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті: науковий журнал. – 2015. – № 1 (3). – С. 93–102.
5. Кожушко А.П. Особливості роботи колісних тракторів з гідрооб'ємно-механічними трансмісіями // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – 2015. – № 31. – С. 70–82.
6. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка: по спец. «Механизация сел. хозяйства» / С.А. Иофинов, Г.П. Лышко. – М.: Колос, 1984. – 351 с.
7. Судаков Н.Н. Лекции по эксплуатации машинно-тракторного парка и техническому обслуживанию. – Новгород: НГУ, 2010. – 101 с.
8. Ребров А.Ю. Мощностной баланс и КПД пахотного МТА при работе в тяговом режиме // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – 2012. – № 20. – С. 67–73.